

EJERCICIOS N°9 y N°10
Ejemplos de Tensores en Ingeniería Sísmica

Dados los registros de aceleraciones que se adjuntan, que corresponden a lo observado en dos estaciones acelerográficas (Estación A y Estación B) cuando la ocurrencia de un sismo, se le pide utilizar el software **MATLAB** para desarrollar lo siguiente:

- i) **Genere arreglos con las trazas:** Dados los registros de aceleraciones de la Estación A y la Estación B, utilice las funciones incorporadas en el software para leer los registros y generar los arreglos correspondientes a cada una de las trazas de los registros (componentes: norte-sur, este-oeste y vertical). La tasa de muestreo corresponde a 200 muestras por segundo y las unidades de aceleración corresponden al sistema [cgs].
- ii) **Grafique las trazas:** Determine el número de puntos de cada traza y a partir de ahí, calcule la duración de los registros en segundos. Determine la aceleración máxima en cada caso (valores máximos o mínimos), medida en fracciones de [g] (aceleración de gravedad). Con estos datos, grafique las tres trazas de cada estación, rotulando adecuadamente los ejes y el título de cada gráfico.
- iii) **Calcule el Tensor Intensidad de Arias:** Este índice de intensidad representa la suma de energía disipada por unidad de masa por un conjunto de osciladores elásticos amortiguados cuyas frecuencias están distribuidas uniformemente en el intervalo $0 \leq \omega \leq \infty$. Se relaciona con la capacidad de los movimientos sísmicos de producir daño en las estructuras. De acuerdo a su definición original, la intensidad en un punto 0 es un tensor representado por la matriz: $I = [I_{rs}]$ $r, s = x, y, z$, cuyos elementos están dados por: $I_{A rs} = \frac{\pi}{2g} \int_0^{t_o} a_r(t) a_s(t) dt$, donde $a_r(t)$, para $r = x, y, z$, son las componentes de los registros de aceleración en el punto 0 en las direcciones de los ejes, en un sistema de ejes cartesianos rectangulares de coordenadas $Oxyz$, t es el tiempo y t_o es la duración total del registro. Utilizando esta definición, calcule los 9 elementos del tensor, para cada una de las estaciones dadas. ¿En que unidades quedan expresados estos valores?
- iv) **Diagonalice los tensores:** Determine los valores y vectores propios de los tensores Intensidad de Arias de cada una de las estaciones y utilícelos para diagonalizarlos.
- v) **Calcule la Intensidad Escalar de Arias:** Como se sabe, cualquier rotación de ejes coordenados alrededor del punto 0 va a preservar el primer invariante o traza del tensor. Se define la Intensidad Escalar de Arias como:

$$I_{A 0} = tr [I] = I_{xx} + I_{yy} + I_{zz} = I_1 + I_2 + I_3 .$$

En base a los valores obtenidos en la diagonalización anterior, calcule la Intensidad Escalar de Arias para cada estación. ¿En cuál de las dos estaciones el sismo se “percibió más destructivo”?

- vi) **Calcule el Índice de Directividad de Arias:** Una manera de expresar en términos relativos la falta de isotropía del tensor de intensidad, es definiendo el número no negativo δ , directividad, como:
$$\delta^2 = \frac{1}{2(I_0)^2} [(I_1 - I_2)^2 + (I_2 - I_3)^2 + (I_3 - I_1)^2].$$

Calcule este parámetro para cada una de las estaciones. ¿En base al valor numérico obtenido, en cuál de las dos estaciones se observa una mayor anisotropía del tensor intensidad?

- vii) **Calcule el Tensor Potencial Destructivo:** Un criterio para evaluar la capacidad destructora de los movimientos sísmicos fuertes corresponde al concepto de Potencial Destructivo desarrollado por Saragoni y otros. Este criterio permite distinguir entre sismos que realmente son capaces de producir daño y los que no lo son. La definición de Potencial destructivo considera en forma implícita la influencia de la aceleración máxima del suelo, la duración de la zona de movimiento fuerte y el contenido de frecuencia medido por la intensidad de cruces por cero. La expresión tensorial del Potencial Destructivo puede escribirse en función de la Intensidad de Arias como:

$$P_{Dij} = \frac{I_{Aij}}{v_0^2} \text{ donde } v_0 \text{ es la intensidad de cruces por cero por segundo, promedio del}$$

registro. Desarrolle una subrutina que permita contabilizar el número de cruces por cero total de un registro y utilícela para calcular el Tensor Potencial Destructivo para cada estación. ¿En que unidades quedan expresados sus resultados?

- viii) **Calcule el Potencial Destructivo Horizontal:** La utilización más frecuente del concepto de potencial destructivo considera la suma de los potenciales destructivos de las dos componentes ortogonales horizontales de los registros. Este valor se denomina potencial destructivo horizontal y ha sido correlacionado con diversos otros indicadores de daño. En base a los valores de potencial destructivo horizontal obtenidos en este caso, ¿En cual de las dos Estaciones se habría obtenido el mayor daño en estructuras como consecuencia del sismo en estudio?

- ix) **Dibuje el Elipsoide de Lamé del tensor Potencial Destructivo:** Considerando el Tensor Potencial Destructivo, dibuje un figura tridimensional que represente el Elipsoide de Lamé para cada estación. Recuerde que en este caso, la magnitud de los semiejes del elipsoide corresponden a los valores propios y su dirección a los vectores propios. Analizando las figuras obtenidas, compare los volúmenes de los elipsoides de de Lamé de ambas estaciones, ¿Cuál volumen es mayor? ¿Qué puede decir del valor de la “elipticidad” de ambos elipsoides? ¿Son estos mas oblongos en una dirección en particular?

- x) **Cree una “película” del Elipsoide de Lamé:** Considerando lo desarrollado en el punto anterior para realizar una figura tridimensional de los elipsoides de Lamé de cada estación, aplique el mismo algoritmo para hacer una figura que solo represente el primer segundo de los registros de aceleración, luego el segundo, el tercero y así sucesivamente. Luego “concatene” secuencialmente las figuras para crear una “película” de la evolución de los elipsoides de Lamé en el tiempo, ha medida que transcurre el registro de aceleraciones. ¿Qué se observa en las películas de cada estación?